



PO/FR 03/01755  
10/518485  
RECEIVED  
26 AUG 2003  
WIPO PCT

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

### COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 13 JUIN 2003

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

#### DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersbourg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr



INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354\*01

### REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

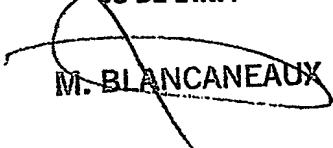
Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W /260899

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE <b>19 JUIN 2002</b> LIEU <b>0207597 INPI</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>T020510 JKLC</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE <b>19 JUIN 2002</b> PAR L'INPI		<b>Réervé à l'INPI</b>	
<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> <b>À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b>  <b>CABINET LOYER</b> <b>78 avenue Raymond Poincaré</b> <b>75116 Paris</b>			
<b>Vos références pour ce dossier</b> <i>( facultatif )</i>			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet <input checked="" type="checkbox"/> Demande de certificat d'utilité <input type="checkbox"/> Demande divisionnaire <input type="checkbox"/> <i>Demande de brevet initiale</i> <input type="checkbox"/> N° _____ Date _____ / _____ / _____ <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> <input type="checkbox"/> N° _____ Date _____ / _____ / _____		<i>Demande de brevet initiale</i> <input type="checkbox"/> N° _____ Date _____ / _____ / _____ <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> <input type="checkbox"/> N° _____ Date _____ / _____ / _____	
<b>3 TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum)  "Procédé, dispositif et produit-programme de lissage d'une propriété de subsurface"			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ</b> <b>OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE</b> <b>LA DATE DE DÉPÔT D'UNE</b> <b>DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation Date _____ / _____ / _____ N° Pays ou organisation Date _____ / _____ / _____ N° Pays ou organisation Date _____ / _____ / _____ N° <input type="checkbox"/> <b>S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé « Suite »</b>	
<b>5 DEMANDEUR</b>		<input type="checkbox"/> <b>S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé « Suite »</b>	
Nom ou dénomination sociale  Prénom Forme juridique N° SIREN Code APE-NAF		TSURF    Société Anonyme 4 . 1 . 0 . 0 . 8 . 7 . 1 . 5 . 9 7 . 2 . 1 . Z	
Adresse	Rue	Bâtiment M11 - Parc d'Activités Technologiques Europarc Nancy Brabois 22, allée de la Forêt de la Reine	
	Code postal et ville	54500	VANDOEUVRE LES NANCY
Pays Nationalité		France Française	
N° de téléphone ( facultatif )			
N° de télécopie ( facultatif )			
Adresse électronique ( facultatif )			

**BREVET D'INVENTION  
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

REPRISE DES PIÈCES		Réservé à l'INPI	
DATE	INPI		
LIEU	0207597 119 JUIN 2002		
N° D'ENREGISTREMENT	DB 540 W /260899		
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI			
Vos références pour ce dossier : (facultatif)		T020510 JKLC	
<b>6 MANDATAIRE</b>			
Nom		LAGET	
Prénom		Jean-Loup	
Cabinet ou Société		CABINET LOYER	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel			
Adresse	Rue	78, avenue Raymond Poincaré	
	Code postal et ville	75116	PARIS
N° de téléphone (facultatif)		01 45 02 60 00	
N° de télécopie (facultatif)		01 45 02 60 99	
Adresse électronique (facultatif)		courrier@cabinet-loyer.fr	
<b>7 INVENTEUR (S)</b>			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <b>Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée</b>	
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		<b>Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)</b>	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		<b>Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques</b>	
		<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		<b>Uniquement pour les personnes physiques</b> <input type="checkbox"/> Requise pour la première fois pour cette invention ( <i>joindre un avis de non-imposition</i> ) <input type="checkbox"/> Requise antérieurement à ce dépôt ( <i>joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence</i> ):	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)</b>		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b> 	
JL. LAGET CPI N° 92-1134			

L'invention est relative à un procédé de lissage d'une propriété de subsurface dans une structure géologique représentée par des mesures sismiques.

L'invention est également relative à un dispositif de lissage d'une propriété de subsurface dans une structure géologique représentée par des mesures sismiques.

5 L'invention est enfin relative à un produit-programme d'ordinateur permettant le fonctionnement d'un dispositif programmable de lissage d'une propriété de subsurface dans une structure géologique représentée par des mesures sismiques.

Le document WO 01/63323 A1 décrit un procédé de traitement de données sismiques comprenant les étapes consistant à : obtenir un volume de données 10 sismiques couvrant un volume prédéterminé de terre ; déterminer pour chaque voxel du volume de données sismiques l'orientation locale des données sismiques ; déterminer pour chaque voxel s'il existe un bord dans le voisinage, et exécuter une opération de lissage sur chaque voxel dans le volume de données sismiques, dans lequel la direction de l'opération de lissage est l'orientation locale des données, et 15 dans lequel l'opération de lissage ne dépasse pas le bord, de manière à obtenir un volume de données sismiques traitées, où la quantité associée à chaque voxel dans le volume de données traitées est le résultat obtenu par l'exécution de l'opération de lissage dans le voxel dans le volume de données sismiques.

Le document WO 02/13139 A1 décrit un procédé de traitement d'images 20 sismiques comprenant les étapes : obtenir un ensemble de données d'une image initiale bidimensionnelle ou tridimensionnelle, dans lequel chaque élément de l'ensemble de données est l'intensité initiale d'image du point de l'image ; calculer pour chaque point les dérivées partielles de l'élément dans n directions pour obtenir un ensemble de valeurs dérivé des dérivées partielles; calculer pour chaque point une 25 matrice carrée structurale symétrique à partir des valeurs des dérivées partielles; effectuer une itération point à point pondérée par une variable voisine de zéro lorsque le point est voisin d'un bord et voisine de 1 lorsqu'il est très éloigné d'un bord ; et répéter ces étapes un nombre de fois pour obtenir l'image traitée.

Un premier but de l'invention est d'améliorer le lissage des propriétés de 30 subsurface dans une structure géologique représentée par des mesures sismiques.

Un deuxième but de l'invention est de permettre un lissage simple et rapide des propriétés de subsurface, tout en ne lissant pas les discontinuités.

L'invention a pour objet un procédé de lissage d'une propriété de subsurface dans une structure géologique représentée par mesures sismiques, dans lequel on 5 construit une fonction continue  $S_{ij,k}(t)$  par interpolation ou approximation des traces sismiques discrètes d'une matrice sismique multidimensionnelle, ladite fonction étant désignée comme "trace sismique locale continue", comportant les étapes suivantes :

- a). utiliser comme décalage optimal  $h_{ij,pq,k}$  de deux traces sismiques locales continues voisines  $S_{ij,k}(t)$  et  $S_{pq,k}(t)$ , la valeur de décalage rendant maximale leur 10 fonction de corrélation ;
- b) retenir comme voisinage conditionnel d'une trace sismique locale continue "centrale"  $S_{ij,k}(t)$  le sous-voisinage consistant en des traces voisines  $S_{pq,k}(t)$  correspondant à des décalages optimaux  $h_{ij,pq,k}$  associés à des corrélations  $R_{ij,pq,k}(h_{ij,pq,k})$  supérieures à un seuil prédéterminé compris entre 0 et 1 ;
- 15 c). choisir une propriété de subsurface à lisser au voisinage conditionnel d'un point  $(i, j, k)$  d'une trace sismique locale continue "centrale" de référence ;
- d). décaler les propriétés de subsurface du voisinage conditionnel en translatant la variable courante de la valeur du décalage optimal  $h_{ij,pq,k}$  ;
- e). prendre comme valeur lissée au point  $(i, j, k)$  une moyenne des propriétés 20 de subsurface décalées à l'étape d).

Selon d'autres caractéristiques de l'invention :

- la moyenne des propriétés de surface de l'étape e) est une moyenne qui peut être pondérée, par exemple par la valeur de corrélation maximale correspondant au décalage optimal,
- 25 - la moyenne des propriétés de subsurface de l'étape e) est choisie dans l'ensemble suivant : moyenne arithmétique, moyenne géométrique, moyenne harmonique,
- on choisit comme propriété de subsurface à lisser l'amplitude réfléchie et captée par des géophones,

- si nécessaire, l'ensemble du processus de lissage est répété un certain nombre de fois pour améliorer le lissage,

- on visualise des coupes de matrice multidimensionnelle de propriété lissée sur un écran de visualisation.

5 L'invention a également pour objet un dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention, comportant des moyens pour utiliser comme décalage optimal de deux traces sismiques locales continues voisines la valeur de décalage rendant maximale leur fonction de corrélation, des moyens pour décaler les propriétés de subsurface du voisinage conditionnel en translatant la variable courante de la valeur du décalage optimal  $h_{ij,pq,k}$ , des moyens pour choisir une propriété de subsurface à lisser au voisinage conditionnel d'un point  $(i, j, k)$  d'une trace sismique locale continue "centrale" de référence, des moyens pour décaler les propriétés de subsurface du voisinage conditionnel en translatant la variable courante de la valeur du décalage optimal  $h_{ij,pq,k}$  et des moyens pour prendre comme valeur lissée au point 10  $(i, j, k)$  une moyenne des propriétés de subsurface décalées à l'étape d).

15

Selon d'autres caractéristiques de l'invention :

-le dispositif comporte des moyens de mémorisation et des moyens de visualisation de paramètres sismiques déterminés à l'aide du procédé selon l'invention.

20 L'invention a enfin pour objet un produit-programme d'ordinateur, comportant des éléments de code de programme pour exécuter les étapes d'un procédé selon l'invention, lorsque ledit programme est exécuté par un ordinateur.

L'invention sera mieux comprise grâce à la description qui va suivre donnée à titre d'exemple non limitatif en référence aux dessins annexés dans lesquels :

25 - La figure 1 représente schématiquement une matrice sismique tridimensionnelle et une trace sismique locale continue.

- La figure 2 représente schématiquement, un exemple de voisinage local  $N_{ij,k}$  consistant en un ensemble de trace sismique locale continues  $S_{pq,k}(t)$  voisines de la trace centrale de référence  $S_{ij,k}(t)$  elle même située à la verticale du géophone  $G_{ij}$  et 30 interpolant les amplitudes sismiques autour de  $t=k$ .

- La figure 3 représente schématiquement, une section verticale de voisinage local conditionnel  $N_{ij,k}(r)$  d'une trace sismique locale continue de référence  $S_{ij,k}(t)$ .

- La figure 4 représente schématiquement, une section verticale d'une matrice sismique tridimensionnelle avec un décalage optimal  $h_{ij,pq,k}$  et un voisinage 5 conditionnel  $N_{ij,k}(r)$ .

- La figure 5 représente schématiquement, une section verticale d'une matrice sismique tridimensionnelle analogue à la figure 4 avec présence d'une faille ou discontinuité

10 .- La figure 6 représente schématiquement, un organigramme fonctionnel d'un procédé selon l'invention.

En référence aux figures 1 à 5, les éléments identiques ou fonctionnellement équivalents sont désignés ou repérés de manière identique.

Sur la figure 1, une matrice sismique tridimensionnelle est obtenue par relevé de mesures enregistrées par des géophones  $G_{ij}$  disposés sur un réseau  $x,y$  en des 15 points de coordonnées  $i, j$ . Le relevé des mesures échantillonnées dans le temps est représenté suivant un axe  $t$  descendant représentatif de la profondeur ou d'une verticale descendante à partir de la surface de la terre ou de la mer. Les mesures sont caractérisées par leur amplitude, par exemple une amplitude relevée par le géophone  $G_{ij}$  au temps ou à la profondeur d'échantillonnage  $t_k$ . La mesure discrète effectuée par 20 le géophone  $G_{ij}$  au temps ou à la profondeur  $t_k$  est appelée amplitude sismique  $S_{ij,k}$ .

L'ensemble des amplitudes sismiques correspondant à un géophone  $G_{ij}$  de coordonnées  $i, j$  est une matrice unidimensionnelle ( $S_{ij1}, S_{ij2}, \dots, S_{ijk}, \dots, S_{ijN}$ ) 25 appelées trace sismique discrète, car cette matrice unidimensionnelle correspond à la trace selon le point de coordonnées horizontales  $i, j$  de la matrice sismique tridimensionnelle obtenue par mesures sismiques.

L'axe vertical  $t$  orienté selon une verticale descendante désigne usuellement le temps, mais peut également être traité pour représenter une profondeur à partir de la surface.

30 L'invention concerne aussi bien l'application à une troisième coordonnée  $t$  représentative du temps, qu'à une troisième coordonnée  $t$  représentative de la profondeur.

A partir de la trace sismique discrète située à la verticale d'un géophone  $G_{ij}$  on définit, par interpolation ou approximation des valeurs discrètes autour de  $t=t_k=k$ , une fonction continue  $S_{ij,k}(t)$  qui est désignée comme "trace sismique locale continue". Les méthodes d'approximation ou d'interpolation de valeurs discrètes pour engendrer une fonction continue sont nombreuses, et comprennent notamment les interpolations ou approximations polynomiales, ainsi que les interpolations ou approximations trigonométriques polynomiales.

Toute autre variante d'interpolation ou d'approximation fournissant une fonction continue peut également être appliquée à la présente invention pour fournir une "trace sismique locale continue".

Sur la figure 2, plusieurs traces sismiques locales continues définissent un exemple de voisinage d'une trace sismique locale continue "centrale"  $S_{ij,k}(t)$  de référence. Le voisinage d'une trace sismique locale continue  $S_{ij,k}(t)$  est défini comme l'ensemble des traces sismiques locales continues dont les indices spatiaux horizontaux  $p,q$  sont voisins des indices spatiaux horizontaux  $i,j$  de la trace sismique locale continue de référence.

A titre d'exemple, les coordonnées spatiales horizontales  $p,q$  correspondant au géophone  $G_{pq}$  sont voisines des coordonnées spatiales horizontales  $i,j$  correspondant au géophone  $G_{ij}$  si les valeurs absolues des différences  $i-p$  et  $j-q$  sont inférieures à des entiers donnés, par exemple à 2.

Dans ce cas, comme représenté à la figure 2, la trace sismique locale continue  $S_{ij,k}(t)$  est associée à huit traces sismiques locales continues voisines entourant la trace sismique locale continue "centrale"  $S_{ij,k}(t)$ .

Dans le cas de traces sismiques locales continues produites par des mesures sismiques, le profil des horizons géologiques introduit des décalages verticaux entre des traces sismiques locales continues voisines. Dans le but de déterminer des relations entre deux traces sismiques continues locales voisines  $S_{ij,k}(t)$  et  $S_{pq,k}(t)$  centrées sur la même coordonnée verticale d'échantillonnage  $t=t_k=k$  et correspondant à des coordonnées spatiales  $i,j$  et  $p,q$  différentes, on calcule la fonction de corrélation  $R_{ij,pq,k}(h)$  des deux traces sismiques locales continues.

La fonction de corrélation de deux traces sismiques locales continues voisines est obtenue par la formule suivante

$$R_{ij,pq,k}(h) = \frac{C_{ij,pq,k}(h)}{\sqrt{C_{ij,ij,k}(0) \cdot C_{pq,pq,k}(0)}}$$

5 où le numérateur correspond à la fonction de covariance de  $S_{ij,k}(t)$  et  $S_{pq,k}(t)$

$$\text{obtenue par l'expression suivante } C_{ij,pq,k}(h) = \int_{tk-\Delta}^{tk+\Delta} S_{ij,k}(t) \cdot S_{pq,k}(t+h) \cdot dt.$$

Dans cette intégrale définissant  $C_{ij,pq,k}(h)$ , le paramètre  $\Delta$  définit une « fenêtre verticale d'investigation » autour de  $t=t_k=k$ .

10 Par exemple, si les traces sismiques locales continues  $S_{ij,k}(t)$  et  $S_{pq,k}(t)$  sont des polynômes trigonométriques de la forme suivante interpolant les données sismiques

$$S_{ij,k}(t) = \sum_{s=1}^m a_s^{ij,k} \cdot \cos(s\omega t) + b_s^{ij,k} \cdot \sin(s\omega t)$$

$$S_{pq,k}(t) = \sum_{s=1}^m a_s^{pq,k} \cdot \cos(s\omega t) + b_s^{pq,k} \cdot \sin(s\omega t)$$

15 alors on peut montrer que la fonction de covariance  $C_{ij,pq,k}(h)$  est elle-même un polynôme trigonométrique de la forme suivante où les coefficients  $A_s^{ij,pq,k}$  et  $B_s^{ij,pq,k}$  dépendent des coefficients  $a_s^{ij,k}$ ,  $a_s^{pq,k}$ ,  $b_s^{ij,k}$  et  $b_s^{pq,k}$  :

$$C_{ij,pq,k}(h) = \sum_{s=1}^m A_s^{ij,pq,k} \cdot \cos(s\omega h) + B_s^{ij,pq,k} \cdot \sin(s\omega h)$$

20 Un résultat mathématique classique et connu est que la fonction de corrélation

$$R_{ij,pq,k}(h) = \frac{C_{ij,pq,k}(h)}{\sqrt{C_{ij,ij,k}(0) \cdot C_{pq,pq,k}(0)}}$$

traduit une similarité des fonctions corrélées lorsque cette fonction de corrélation se rapproche de 1.

25 L'étude des fonctions de corrélation des traces sismiques locales continues  $S_{ij,k}(t)$  et  $S_{pq,k}(t)$  permet de définir comme décalage optimal la valeur  $h_{ij,pq,k}$  de  $h$  correspondant au maximum de la fonction de corrélation  $R_{ij,pq,k}(h)$ , c'est-à-dire au maximum de la fonction de corrélation le plus proche de 1. Contrairement à l'art existant basé sur une formulation discrète de la fonction de corrélation  $R_{ij,pq,k}(h)$ ,

l'utilisation d'une formulation continue des traces sismiques et donc de la fonction de corrélation permet d'obtenir un décalage optimum qui n'est pas contraint à être un multiple entier du pas d'échantillonnage suivant l'axe vertical correspondant à la variable  $t$ .

5 La définition du décalage optimal  $h_{ij,pq,k}$  de deux traces sismiques locales continues voisines permet d'obtenir une première approximation des horizons passant par cette trace sismique locale continue de référence  $S_{ij,k}(t)$ , comme représenté aux figures 3 à 5. Contrairement à l'art existant, le fait d'utiliser des décalages optimaux qui ne sont pas contraint à être un multiple entier du pas d'échantillonnage suivant 10 l'axe vertical permet d'éviter des erreurs connues sous le nom « d'aliasing ».

Sur ces figures 3 à 5, on définit un voisinage conditionnel  $N_{ij,k}(r)$  de la trace sismique continue locale de référence  $S_{ij,k}(t)$  qui est un sous-voisinage du voisinage initial des traces sismiques locales continues retenues pour le calcul de corrélation et de définition des décalages optimaux. Le voisinage conditionnel  $N_{ij,k}(r)$  est choisi de 15 manière que, pour toute trace sismique continue locale  $S_{pq,k}(t)$  appartenant à  $N_{ij,k}(r)$ , le décalage optimal  $h_{ij,pq,k}$  correspondant est tel que la corrélation  $R_{ij,pq,k}(h_{ij,pq,k})$  entre  $S_{ij,k}(t)$  et  $S_{pq,k}(t)$  est supérieure à un seuil prédéterminé  $r$  compris entre 0 et 1.

Comme on le voit sur la figure 5, la fixation du seuil  $r$  permet également d'englober dans un voisinage conditionnel une discontinuité ou une faille géologique, 20 ce qui constitue un avantage important par rapport à l'art antérieur.

Les dispositions précitées fournissent ainsi une modélisation continue permettant la mise en œuvre de l'invention.

En référence à la figure 6, un procédé de lissage ou propriété de subsurface dans une structure géologique représenté par des mesures sismiques comporte une 25 première étape 100 de modélisation numérique, comme décrit en référence aux figures 1 à 5, pour définir des traces sismiques locales continues d'une matrice sismique multidimensionnelle, calculer les décalages optimaux de traces sismiques locales continues voisines et définir les voisinages conditionnels des traces sismiques locales continues "centrales" de référence.

30 Après cette première étape 100 de modélisation numérique, une étape 101 permet de choisir la propriété à lisser sur un voisinage conditionnel. Cette propriété à

lisser sur un voisinage conditionnel peut consister en toute fonction multidimensionnelle de la subsurface à analyser.

En particulier, la propriété à lisser peut simplement consister en l'amplitude du signal sismique réfléchi par les horizons de la subsurface en direction des 5 géophones de mesure.

A l'étape 102, on remplace les propriétés du voisinage conditionnel par les propriétés décalées de la valeur du décalage optimal  $h_{ij,pq,k}$ , de manière à constituer un ensemble de propriétés relatives au même horizon.

Ainsi, dans le cas d'une trace locale sismique continue centrale de référence 10  $S_{ij,k}(t)$ , on remplace toutes les valeurs  $S_{pq,k}(t)$  du voisinage conditionnel par les valeurs  $S_{pq,k}(t+h_{ij,pq,k})$ .

On effectue ensuite à l'étape 103 une moyenne des valeurs décalées 15  $S_{pq,k}(t+h_{ij,pq,k})$  établies à l'étape 102 et on choisit comme valeur de la propriété au point de coordonnées spatiales  $i,j$  et de coordonnée temporelle ou de profondeur  $t=t_k=k$ , la moyenne ainsi calculée.

L'invention s'applique à plusieurs variantes d'établissement de moyennes : on peut par exemple utiliser une moyenne pondérée ou non pondérée ; ou, alternativement, on peut également utiliser une moyenne arithmétique, une moyenne géométrique, une moyenne harmonique, pondérée ou non pondérée.

20 Dans le cas d'une moyenne pondérée, on peut avantageusement utiliser comme facteur de pondération la valeur maximale de la fonction de corrélation

$R_{ij,pq,k}(h_{ij,pq,k})$ , en reflétant ainsi le degré de confiance accordable à chaque décalage optimal correspondant à un maximum d'une fonction de corrélation.

25 Le procédé de lissage ou de filtrage d'une propriété selon la présente invention permet ainsi d'améliorer le contraste et la précision des propriétés de subsurface dans une matrice sismique multidimensionnelle.

30 Si nécessaire, afin d'améliorer le lissage, l'ensemble du processus décrit par la présente invention peut être répété sur le lissage obtenu lors d'une itération précédente. L'étape 104 constitue une étape itérative dans laquelle l'opérateur peut définir le nombre d'itérations adéquates à la résolution de son problème.

L'invention est de préférence mise en œuvre sur un dispositif comportant des moyens pour accomplir successivement les étapes du procédé décrit en référence à la figure 6.

En particulier, ce dispositif comporte des moyens de visualisation des 5 paramètres sismiques ou propriétés obtenues à l'étape 105 et des moyens de mémorisation de programme et de calculs intermédiaires.

De préférence, ce dispositif est un dispositif programmable commandé par un produit-programme d'ordinateur, réalisé pour mettre en œuvre un procédé selon l'invention.

10 L'invention décrite en référence à plusieurs objets particuliers n'y est nullement limitée mais couvre au contraire toute modification de forme et toute variante de réalisation dans le cadre et l'esprit de l'invention, l'essentiel étant d'utiliser des valeurs de propriétés recalées par rapport aux décalages optimaux déterminés comme valeurs correspondant à la maximisation des fonctions de corrélation de 15 traces sismiques locales continues ou même discrètes.

## REVENDICATIONS

1. Procédé de lissage d'une propriété de subsurface dans une structure géologique représentée par mesures sismiques, dans lequel on construit une fonction continue  $S_{ij,k}(t)$  par interpolation ou approximation des traces sismiques discrètes 5 d'une matrice sismique multidimensionnelle, ladite fonction  $S_{ij,k}(t)$  étant désignée comme "trace sismique locale continue", comportant les étapes suivantes :

a). utiliser comme décalage optimal de deux traces sismiques locales continues voisines  $S_{ij,k}(t)$  et  $S_{pq,k}(t)$ , la valeur de décalage rendant maximale leur fonction de corrélation, ce décalage optimal n'étant pas contraint à être un multiple 10 entier du pas d'échantillonnage vertical ;

b). retenir comme voisinage conditionnel d'une trace sismique locale continue "centrale"  $S_{ij,k}(t)$  le sous-voisinage consistant en des traces voisines  $S_{pq,k}(t)$  correspondant à des décalages optimaux associés à des corrélations  $R_{ij,pq,k}(h)$  supérieures à un seuil prédéterminé compris entre 0 et 1 ;

15 c). choisir une propriété de subsurface à lisser au voisinage conditionnel d'un point  $(i, j, k)$  d'une trace sismique locale continue "centrale" de référence ;

d). décaler les propriétés de subsurface du voisinage conditionnel en translatant la variable courante de la valeur du décalage optimal ( $h_{ij,pq,k}$ ) ;

e). prendre comme valeur lissée au point  $(i, j, k)$  une moyenne des propriétés 20 de subsurface décalées à l'étape d).

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la moyenne des propriétés de surface de l'étape e) est une moyenne pondérée, par exemple par la valeur de corrélation maximale correspondant au décalage optimal.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la moyenne des propriétés de subsurface de l'étape e) est choisie dans l'ensemble suivant : moyenne arithmétique, moyenne géométrique, moyenne harmonique pondérée ou non. 25

4. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on choisit comme propriété de subsurface à lisser, l'amplitude réfléchie et captée par des géophones.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel 30 on itère le processus de lissage en l'appliquant sur le résultat d'un lissage antérieur.

6. Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 5, dans lequel on visualise une matrice multidimensionnelle de propriété lissée sur un écran de visualisation.

7. Dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des 5 revendications 1 à 4, comportant des moyens pour utiliser comme décalage optimal de deux traces sismiques locales continues voisines la valeur  $h_{ij,pq,k}$  de décalage rendant maximale leur fonction de corrélation, des moyens pour décaler les propriétés de subsurface du voisinage conditionnel en translatant la variable courante de la valeur du décalage optimal  $h_{ij,pq,k}$ , des moyens pour choisir une propriété de 10 subsurface à lisser au voisinage conditionnel d'un point  $(i, j, k)$  d'une trace sismique locale continue "centrale" de référence, des moyens pour décaler les propriétés de subsurface du voisinage conditionnel en translatant la variable courante de la valeur du décalage optimal  $h_{ij,pq,k}$  et des moyens pour prendre comme valeur lissée au point  $(i, j, k)$  une moyenne des propriétés de subsurface décalées à l'étape d).

15 8. Dispositif selon la revendication 7, comportant des moyens de mémorisation et des moyens de visualisation de paramètres sismiques déterminés à l'aide du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6.

9. Produit-programme d'ordinateur, comportant des éléments de code de programme pour exécuter les étapes du procédé selon l'une quelconque des 20 revendications 1 à 5, lorsque ledit programme est exécuté par un ordinateur.

10. Produit-programme d'ordinateur, comportant des éléments de code de programme pour exécuter les étapes du procédé selon la revendication 6, lorsque ledit programme est exécuté par un ordinateur.

1/3

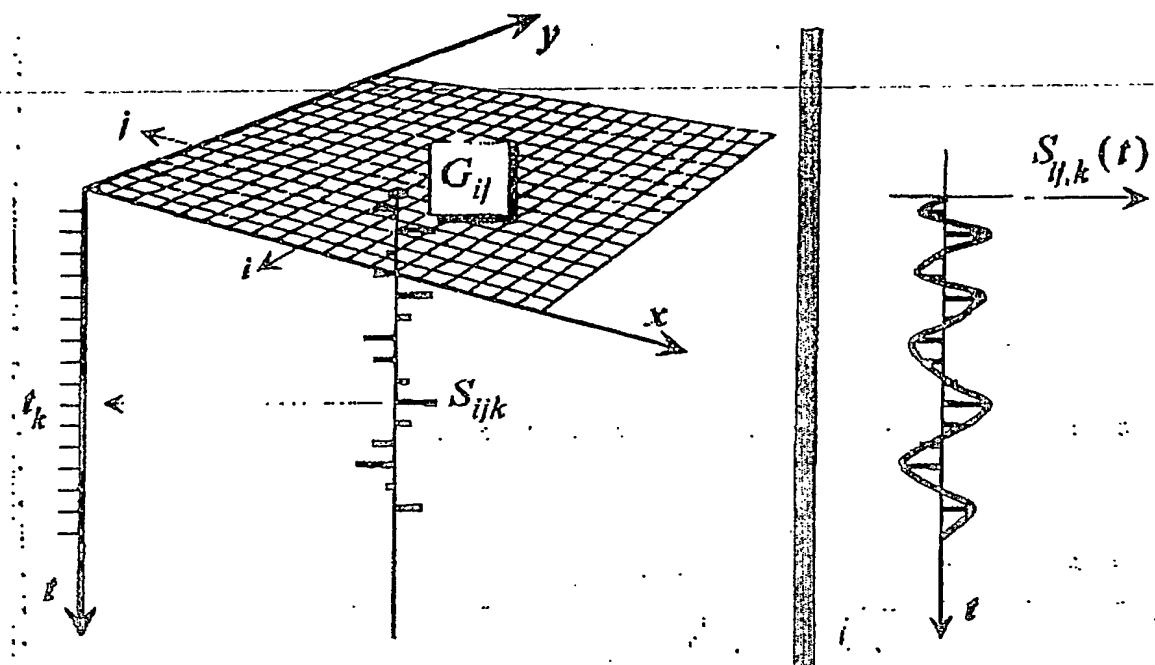


FIG. 1

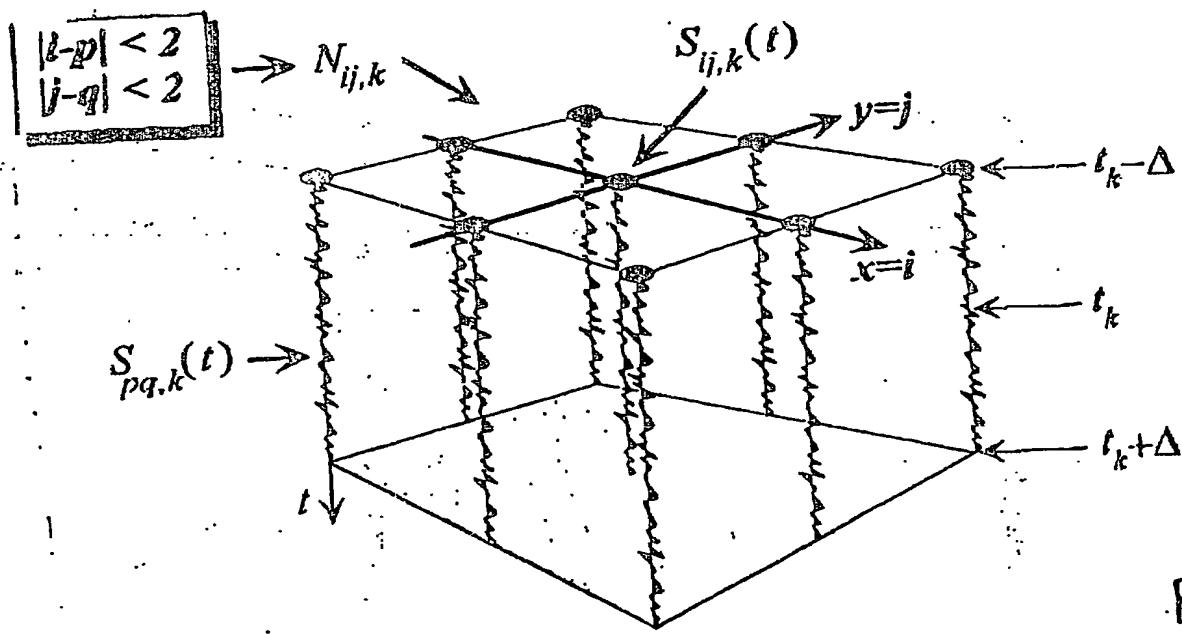


FIG. 2

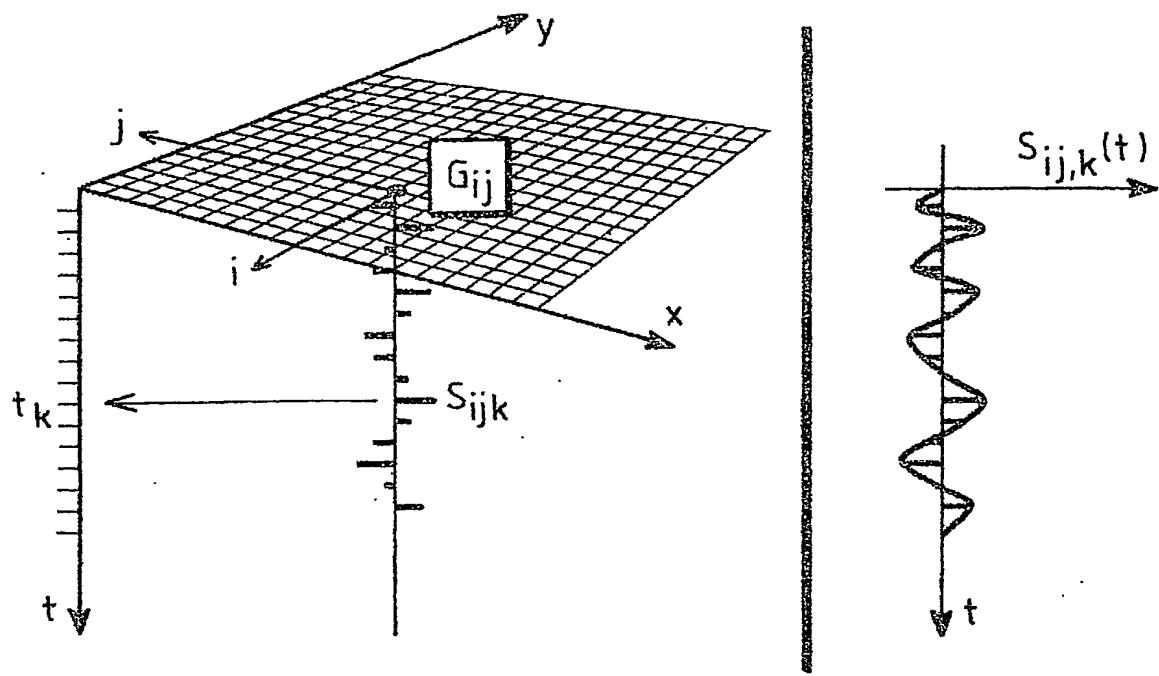


FIG. 1

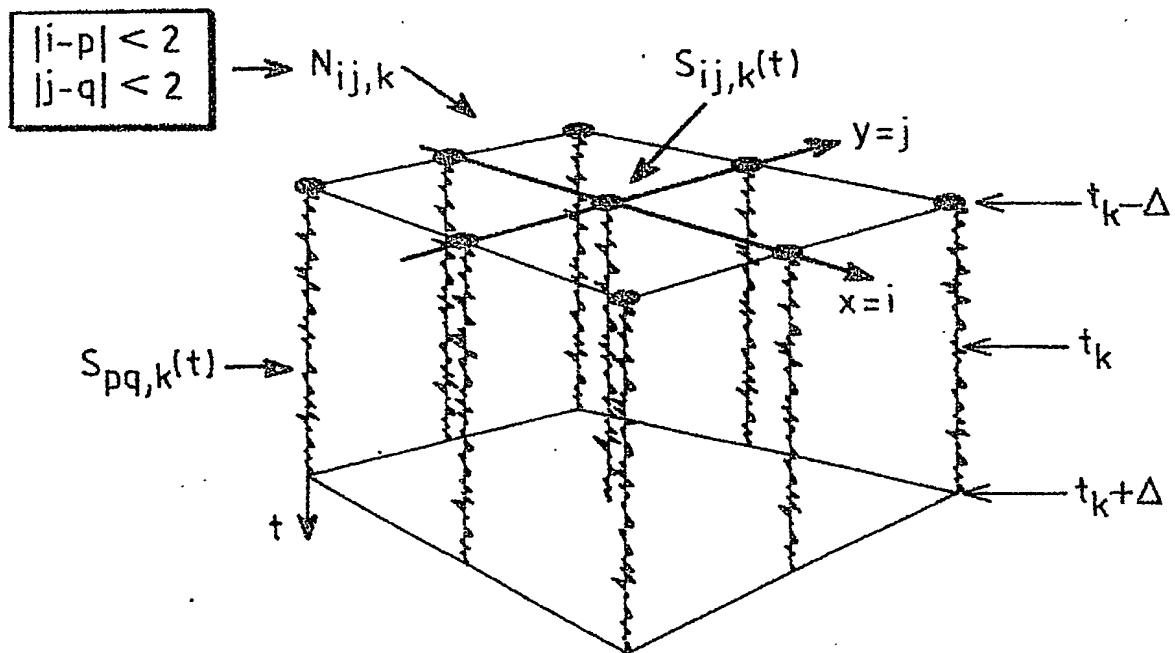


FIG. 2

$$\begin{aligned} |i-p| &< 2 \\ |j-q| &< 2 \end{aligned}$$

$$\rightarrow N_{ij,k}$$

2/3

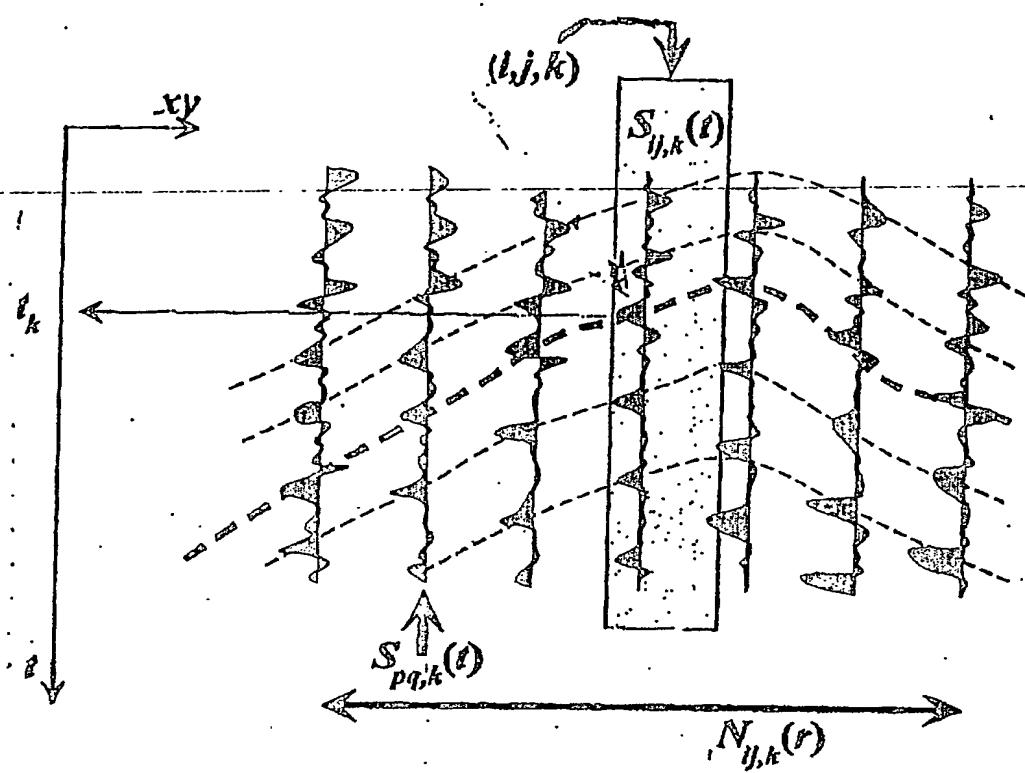


FIG. 3

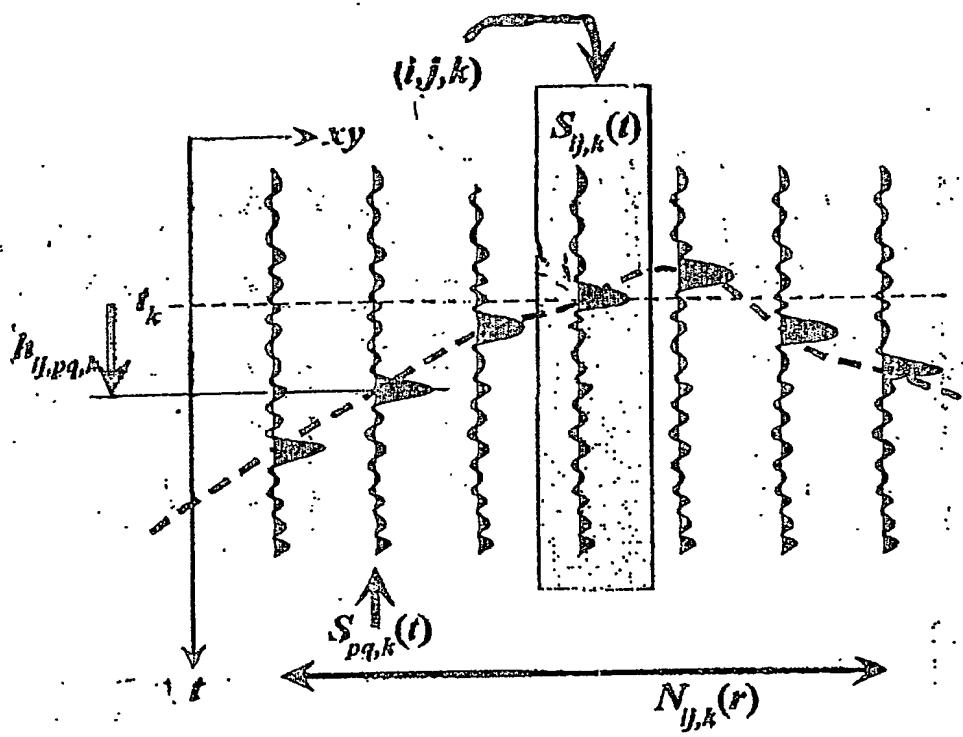


FIG. 4

2/3

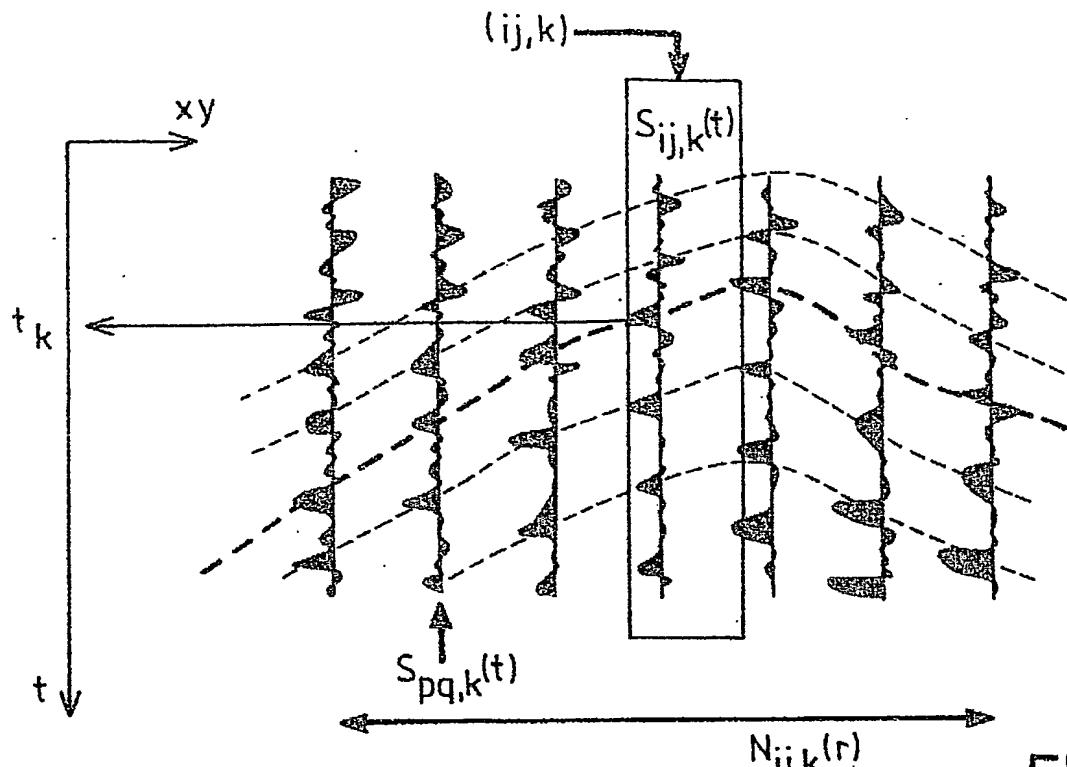


FIG.3

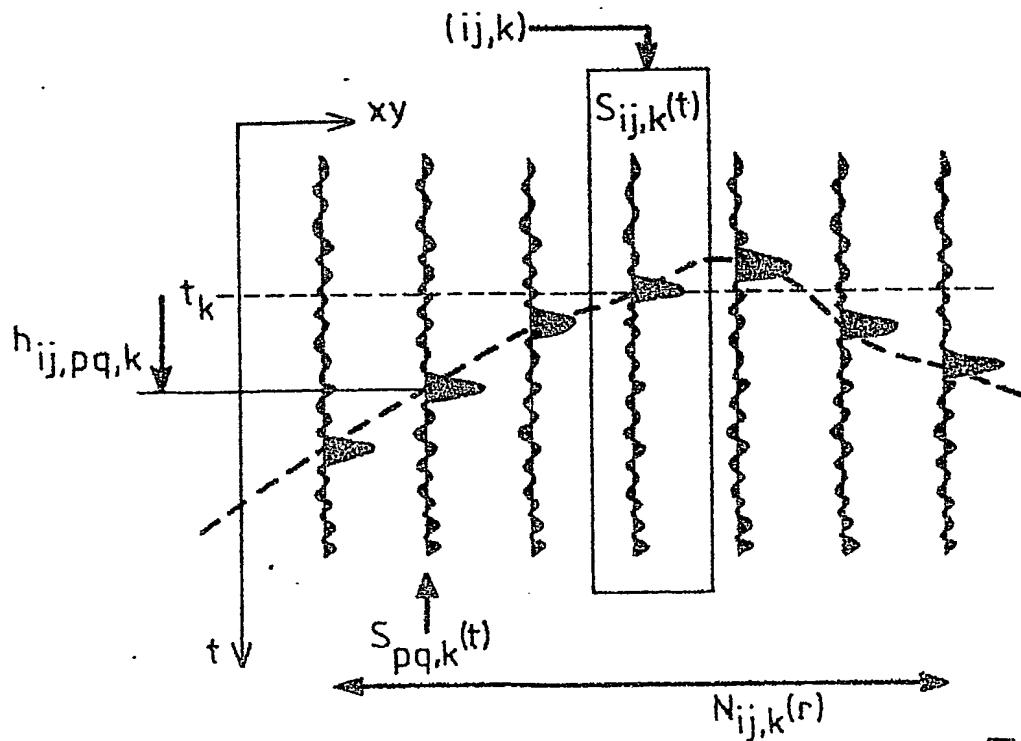


FIG.4

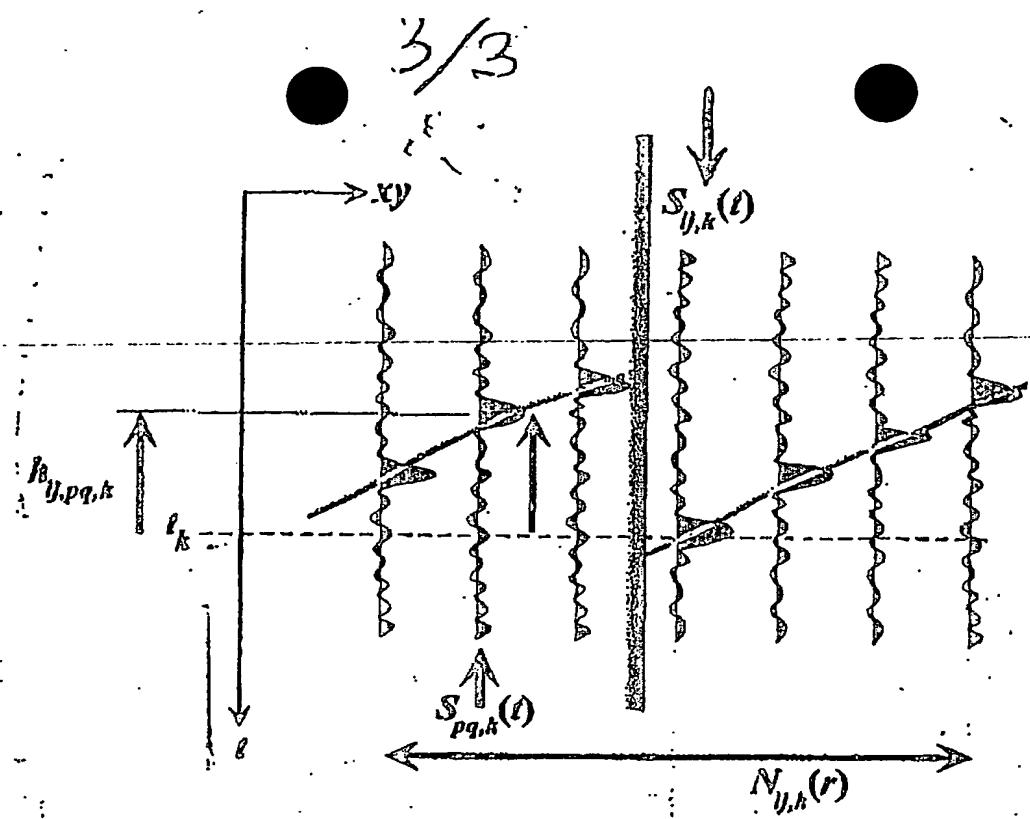


FIG. 5

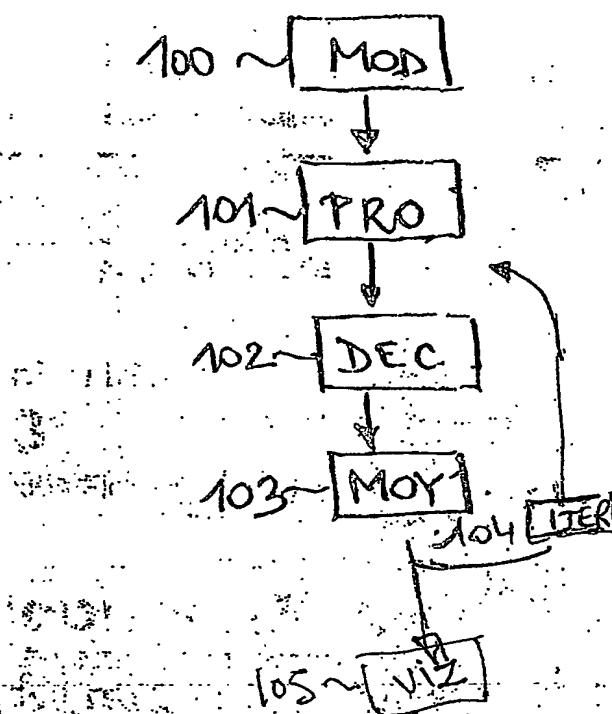


FIG. 6

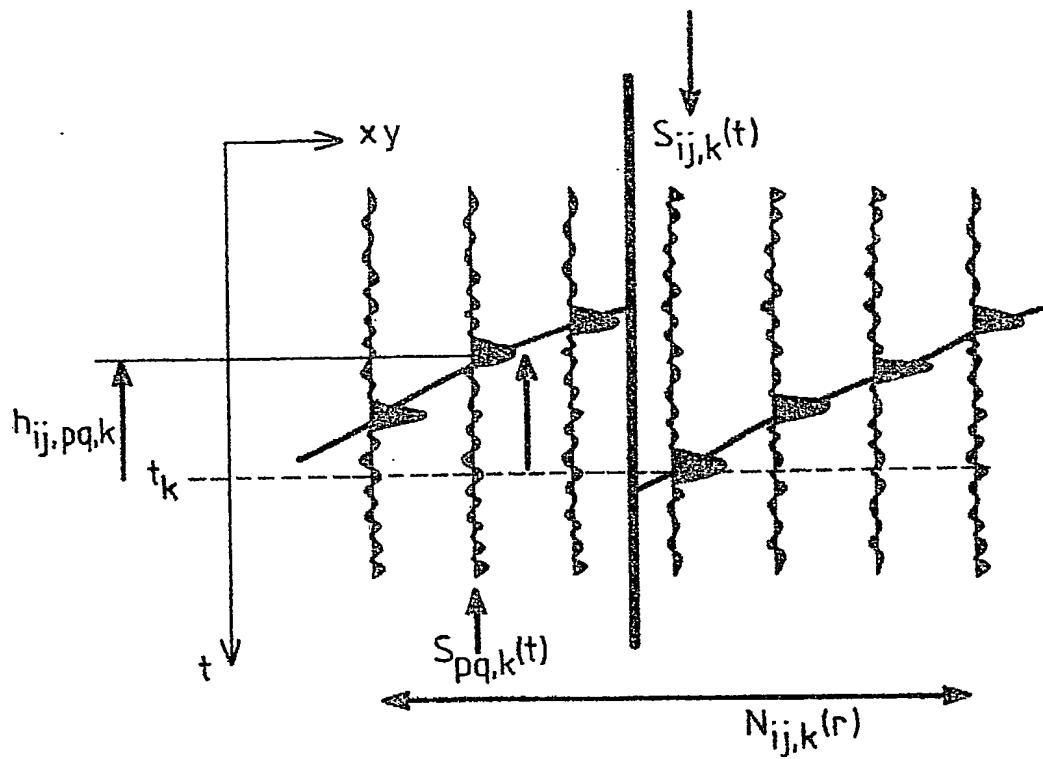


FIG.5

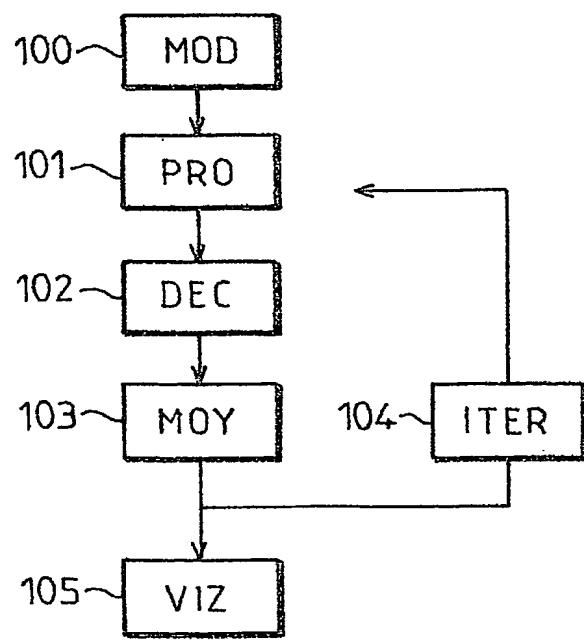


FIG.6



INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 42 93 59 30

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété Intellectuelle - Livre VI



N° 11235\*02

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1.../1...

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W /260899

Vos références pour ce dossier (facultatif)	T020510 JK/LC	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL	02.07597	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)		
"Procédé, dispositif et produit-programme de lissage d'une propriété de subsurface"		
LE(S) DEMANDEUR(S) :		
TSURF Bâtiment M11 - Parc d'Activités Technologiques Europarc Nancy Brabois 22, allée de la Forêt de la Reine 54500 VANDOEUVRE LES NANCY		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).		
Nom	DULIAC	
Prénoms	Jean - Claude	
Adresse	Rue	2634 Williams Grant
	Code postal et ville	SUGARLAND - TX 77479 - U. S. A.
Société d'appartenance (facultatif)		
Nom	BOSQUET	
Prénoms	Fabien	
Adresse	Rue	18823 Ashford Pine
	Code postal et ville	HOUSTON - TX 77082 - U. S. A.
Société d'appartenance (facultatif)		
Nom	LABRUNYE	
Prénoms	Emmanuel	
Adresse	Rue	16 rue Camille Mathis
	Code postal et ville	54000 Nancy
Société d'appartenance (facultatif)		
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)	<p><u>PA</u> P. LE MELINAIRE DIRECTEUR GÉNÉRAL</p> <p>TSURF S.A. Technopôle Nancy-Brabois 22 allée de la Forêt de la Reine 54500 VANDOEUVRE les NANCY Tél. 03 83 67 66 33 SIRET 410 087 159 00019</p>	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.  
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.